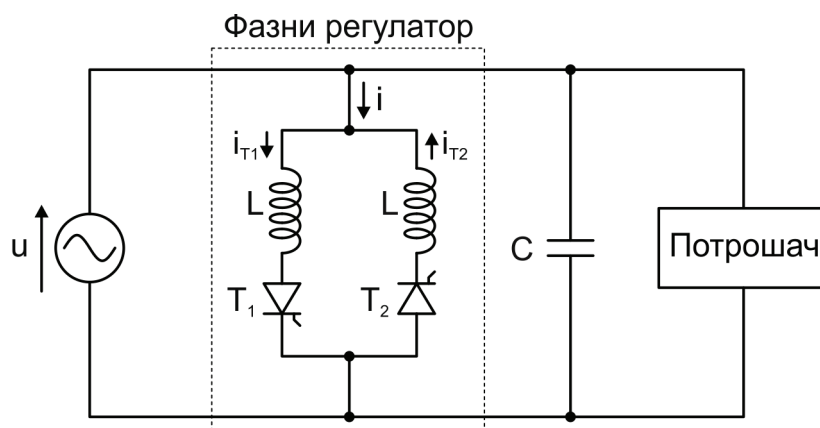
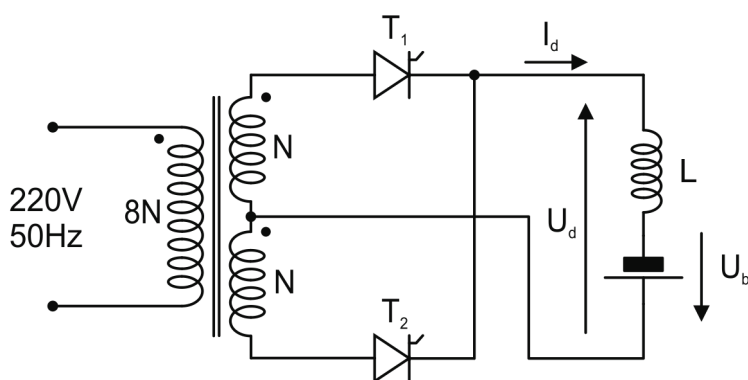


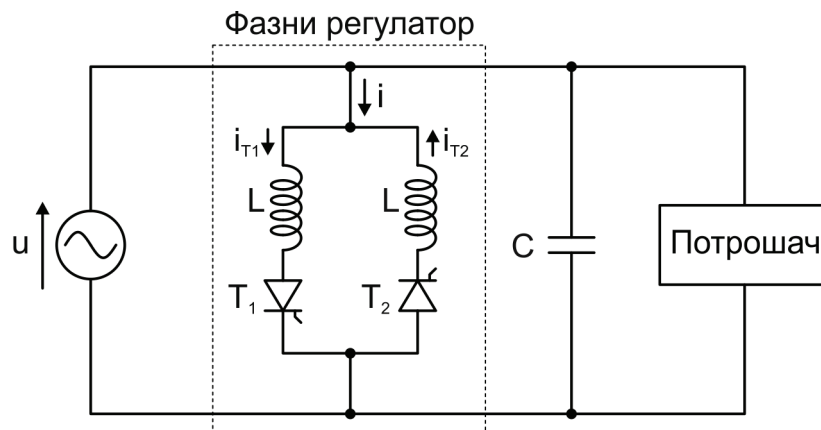
1. Фазни регулатор приказан на слици, користи се за компензацију реактивне снаге монофазног потрошача прикљученог на мрежни напон 220 V, 50 Hz. За угао пађења $\alpha=120^\circ$, нацртати таласне облике струја i , i_{T1} , i_{T2} , и одредити реактивну снагу регулатора, узимајући у обзир само основни хармоник струје регулатора. Индуктивност пригушнице је $L=20\text{ mH}$.



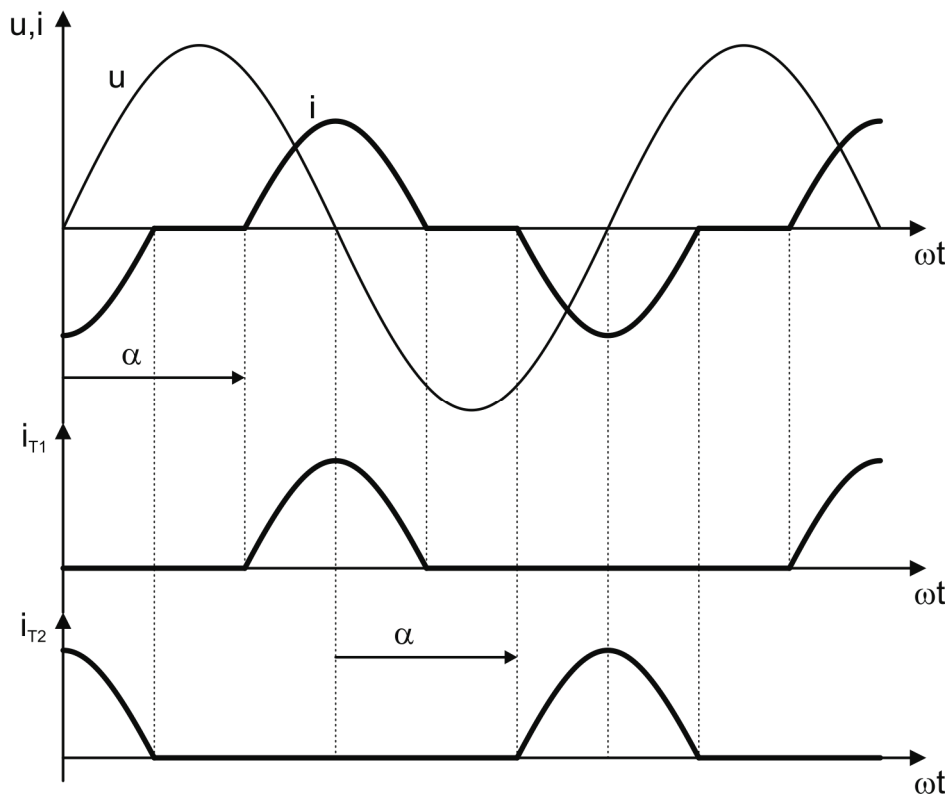
2. Монофазни исправљач са трансформатором са средњом тачком треба да празни акумулаторску батерију напона $U_b=22\text{ V}$, струјом $I_d=100\text{ A}$, када је прикључен на градску мрежу, као на слици. Индуктивност пригушнице L је довољно велика, да се може занемарити наизменична компонента струје батерије. Индуктивност расипања трансформатора је $L_k=0,2\text{ mH}$. Потребно време одмора одабраних тиристора је $t_o=500\text{ }\mu\text{s}$. Да ли су тиристори добро одабрани?



1. задатак



Таласни облици струја и напона приказани су на следећој слици.



Када проводи тиристор T_1 , важи једначина:

$$\sqrt{2}U \sin(\omega t) = L \frac{di_{T1}}{dt} \quad (1.1)$$

Решење ове диференцијалне једначине је:

$$i_{T1} = \frac{1}{L} \int \sqrt{2}U \sin(\omega t) \cdot dt + C = -\frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos(\omega t) + C \quad (1.2)$$

Када проводи тиристор T_2 , важи једначина:

$$\sqrt{2}U \sin(\omega t) = -L \frac{di_{T2}}{dt} \quad (1.3)$$

Решење ове диференцијалне једначине је:

$$i_{T2} = -\frac{1}{L} \int \sqrt{2}U \sin(\omega t) \cdot dt + C = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos(\omega t) + C \quad (1.4)$$

Када проводи T_1 почетни услов је $i_{T1}(\alpha) = 0$, а када проводи T_2 почетни услов је $i_{T2}(\alpha + \pi) = 0$, тј.:

за i_{T1} је

$$i_{T1}(\alpha) = 0 \Rightarrow C = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos \alpha \Rightarrow i_{T1} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} (\cos \alpha - \cos(\omega t)) \quad (1.5)$$

за i_{T2} је

$$i_{T2}(\alpha + \pi) = 0 \Rightarrow C = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos \alpha \Rightarrow i_{T2} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} (\cos \alpha + \cos(\omega t)) \quad (1.6)$$

Струја фазног регулатора, i , једнака је разлици струја појединих тиристора, што је приказано на претходној слици. Струје појединих тиристора имају исти таласни облик, с тим да су међусобно временски померене за половину периоде мрежног напона, што значи да су основни хармоници ових струја међусобно фазно померени за 180° и да имају исте амплитуде. Због тога је основни хармоник струје фазног регулатора једнак двострукој вредности основног хармоника струје једног тиристора. Струју тиристора можемо представити Фуријеовим редом:

$$i_T(t) = I_{TAVG} + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t)] \quad (1.7)$$

Пошто је таласни облик струје тиристора парна функција, сви коефицијенти уз синусни члан су једнаки нули ($b_k = 0, (k \in N)$). Амплитуда основног хармоника струје монофазног фазног регулатора (која је двоструко већа од амплитуде основног хармоника струје једног тиристора) је:

$$a_1 = \frac{\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \cdot 4 \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos x) \cos x \cdot dx = \frac{4\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \left[\int_{\alpha}^{\pi} \cos \alpha \cdot \cos x \cdot dx - \int_{\alpha}^{\pi} \cos^2 x \cdot dx \right] \quad (1.8)$$

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \frac{4\sqrt{2}U}{\pi\omega L} \left[\cos\alpha \int_{\alpha}^{\pi} \cos x \cdot dx - \int_{\alpha}^{\pi} \frac{1 + \cos 2x}{2} dx \right] \\
 &= \frac{4\sqrt{2}U}{\pi\omega L} \left[-\sin\alpha \cdot \cos\alpha - \frac{\pi - \alpha}{2} - \frac{1}{4}(\sin 2\pi - \sin 2\alpha) \right] \\
 &= \frac{4\sqrt{2}U}{\pi\omega L} \left[-\frac{\sin 2\alpha}{2} - \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right] = \frac{2\sqrt{2}U}{\omega L} \left[-\frac{\sin 2\alpha}{2\pi} - \frac{\pi - \alpha}{\pi} \right] \\
 &= -\frac{2\sqrt{2}U}{\omega L} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]
 \end{aligned} \tag{1.9}$$

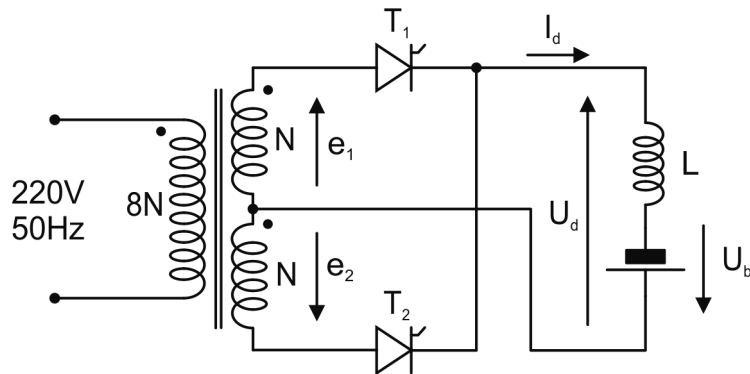
Ефективна вредност основног хармоника струје монофазног фазног регулатора је:

$$I_1 = \frac{|a_1|}{\sqrt{2}} = \frac{2U}{\omega L} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right] = 13.69 \text{ A} \tag{1.10}$$

Индуктивна реактивна снага регулатора је:

$$Q_1 = UI_1 = \frac{2U^2}{L\omega} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi} \right] = 3011.8 \text{ var} \tag{1.11}$$

2. задатак



С обзиром на то да је средња вредност напона на пригушници у устаљеном стању једнака нули, средња вредност напона на излазу исправљача мора да буде једнака напону батерије, тј. с обзиром на усвојене референтне смерове:

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}E}{\pi} \cos\alpha - \frac{X_k I_d}{\pi} = -U_b = -22 \text{ V} \tag{2.1}$$

При чему је:

$$E = \frac{220}{8} = 27.5 \text{ V} \quad (2.2)$$

Средња вредност напона на излазу исправљача је негативна, што значи да исправљач ради у инверторском режиму, тј. угао управљања тиристорима је већи од 90° .

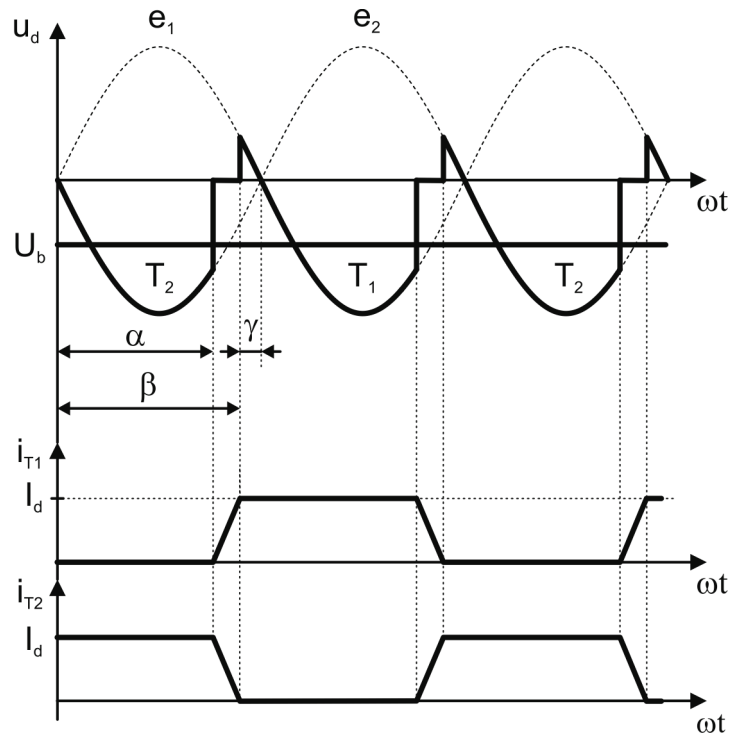
Сада треба одредити да ли је време инверзне поларизације тиристора при углу управљања, α , веће од потребног времена одмора тиристора, t_o . Ако јесте, тиристори су добро одабрани. Потребно време одмора тиристора изражено у угловним јединицама је:

$$\gamma_o = \omega t_o = 100\pi [\text{rad/s}] \cdot 500 [\mu\text{s}] = 0.157 \text{ rad} = 9^\circ \quad (2.3)$$

Угао управљања добија се из (2.1):

$$\alpha = \arccos \left[\frac{\pi}{2\sqrt{2}E} \left(\frac{X_k I_d}{\pi} - U_b \right) \right] = 143.88^\circ \quad (2.4)$$

Одговарајући таласни облици приказани су на следећој слици:



У току комутације важи:

$$L_k \frac{di_{T1}}{dt} = \sqrt{2}E \sin(\omega t) \Rightarrow L_k \int_0^{I_d} di_{T1} = \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\beta}{\omega}} \sqrt{2}E \sin(\omega t) dt \quad (2.5)$$

тј.

$$\cos \beta = \cos \alpha - \frac{X_k I_d}{\sqrt{2} E} \quad (2.6)$$

Према таласном облику, важи:

$$\gamma = \pi - \beta \quad (2.7)$$

Из (2.6) следи да је:

$$\beta = 165.78^\circ \quad (2.8)$$

па је:

$$\gamma = 14.22^\circ > 9^\circ = \gamma_o \quad (2.9)$$

Тиристори су добро одабрани.